



ARTÍCULO/ARTICLE SECCIÓN/SECTION C

Evaluación del ruido en Cuenca a 2015[1]

Julia Martínez, Omar Delgado

Universidad del Azuay, Instituto de Estudios del Régimen Seccional del Ecuador (IERSE), calle 24 de Mayo 777 y Hernán Malo, Cuenca, Ecuador.
Autor para correspondencia/Corresponding author, e-mail: jumartinez@uazuay.edu.ec, odelgado@uazuay.edu.ec

Editado por/Edited by: María del Carmen Cazorla.
Recibido/Received: 2016-08-31. Aceptado/Accepted: 2016-11-21.
Publicado en línea/Published online: 05-04-2017.

DOI:http://dx.doi.org/10.18272/aci.v9i15.711

Cuenca noise assessment in 2015

Abstract

The University of Azuay (UDA) and the Autonomous Decentralized Municipal Government of Cuenca (GAD), since 2009 have conducted the monitoring of noise emissions in the urban area of the city, in order to evaluate the noise behavior over time. Samples were taken at 30 points, using for a sound level meter SoundPro Model SP-DL-2-1 / 3, noise information was taken in six hours periods (7h00, 10h00, 13h00, 15h00, 18h00 and 21h00), for periods of 15 minutes each time; sonorous behavior assessment, is based on national environmental regulations such as the unified secondary legislation of the Ministry of Environment Text - TULSMA. Noise was modeled using the interpolation method, IDW "Method of the inverse of the weighted distance", in addition to the software for modeling, calculation and management of environmental noise called Cadna, which is a method for simulating noise parameters with traffic density. Analysis of the noise maps, it is observed that the graphical representation of noise with the Cadna method has high noise emissions concentrated on the roads, and towards the center of the blocks, the emission decreases.

Keywords. emission noise, TULSMA, method, flow, vehicular.

Resumen

La Universidad del Azuay (UDA) y el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Cuenca (GAD), desde el año 2009 realizan la evaluación del comportamiento sonoro de la ciudad de Cuenca en el tiempo. Los muestreos se realizaron en 30 puntos, con un sonómetro Modelo SOUNDPRO SP-DL-2-1/3, en seis horarios (7h00, 10h00, 13h00, 15h00, 18h00 y 21h00), por períodos de 15 minutos en cada horario; para la evaluación se toma como base el Texto unificado de legislación secundaria del Ministerio del Ambiente - TULSMA. Para la modelación se utilizó el método de interpolación, IDW "Método del inverso de la distancia ponderada", y; el software de modelización, cálculo y gestión del ruido ambiental denominado CadnaA, que es un método de simulación de ruido con parámetros de densidad de tráfico. Del análisis de los mapas de ruido, se observa que la representación gráfica del ruido con el método CadnaA, presenta altas emisiones sonoras concentradas en las vías, y hacia el centro de las manzanas, la emisión disminuye.

Palabras Clave. Palabras clave: emisión, sonora, TULSMA, método, flujo, vehicular.

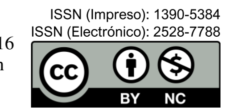
INTRODUCCIÓN

El crecimiento de la población urbana a nivel del país se ha incrementado, es así que el 65 % de la población del cantón está asentada en la ciudad de Cuenca [1]; a nivel latinoamericano en México el 79 % de la población del país está urbanizada y en Brasil el 85 % de la población es urbana [2].

La congestión de la zona urbana y la correspondiente desertificación de la zona rural se le conoce como un

[1]Esta investigación fue representada en el Congreso Anual de Meteorología y Calidad del Aire CAMCA 2016 (28-29 abril 2016, Quito) y en el IV Congreso REDU (1-2 diciembre 2016, Sangolquí). Una prepublicación de este documento fue presentada en las actas del IV Congreso REDU (http://bit.ly/2lc2bn)

ISSN (Impreso): 1390-5384
ISSN (Electrónico): 2528-7788



desequilibrio territorial que acarrea impactos al ambiente entre los cuales se puede citar la destrucción de ecosistemas y paisajes, una intensa explotación de recursos naturales, fuente de emisión de contaminantes por incremento de industria y transporte [3].

La infraestructura vial no soporta el aumento constante del volumen de tráfico, por lo que "surge la congestión en condiciones en que la demanda se acerca a la capacidad de la infraestructura transitada y el tiempo de tránsito aumenta a un valor muy superior al que rige en condiciones de baja demanda" [4].

Con la congestión surgen problemas de contaminación del aire ocasionados por el consumo de combustibles; los vehículos circulan a menor velocidad, se presentan arranques continuos, mayor nivel de ruido en torno de las vías principales. Algunos estudios realizados a nivel mundial sobre las fuentes de ruido urbano, revelan que el 70 % del ruido presente es atribuido al tráfico vehicular y la movilidad colectiva [5]. No se descarta la posibilidad que situación similar se esté produciendo en la ciudad de Cuenca.

La contaminación por ruido es un factor ambiental que incide directamente en la salud de la población. Una exposición constante y prolongada a niveles excesivos de sonido puede inducir lentamente, en algunos años, a la pérdida auditiva permanente, acumulativa e irreversible [6].

Se han establecido relaciones entre el ruido y el sistema nervioso central, sistema nervioso autónomo, sistema endócrino, aparato cardiovascular, aparato digestivo, aparato respiratorio, aparato reproductor-gestación, aparato vestibular, órganos de la visión, entre otros, aunque no puedan cuantificarse sus efectos.

Según Kagán, en su libro "Stress and noise", se afirma que las alteraciones vasculares y endocrinas producidas por ruido conllevan a un mayor latido cardíaco, hipertensión arterial, arritmias, déficit miocárdicos y posiblemente efectos sobre el sistema histoinmunológicos, entre otros [7].

Otros efectos del ruido son los psicológicos como la sensación de desagrado, molestia y pérdida de concentración. Altos niveles de sonoridad pueden también provocar trastornos en la salud mental como dolores de cabeza, inestabilidad emocional, irritabilidad, agresividad, ansiedad, e insomnio. Algunos problemas comunicacionales son también asociados a la presencia de ruido en el ambiente. El organismo, ante la incapacidad de comunicarse efectivamente, tiende a evitar la comunicación lo que resulta en problemas de retracción y asilamiento de la persona.

La sensación de molestia no es el efecto más grave ni el más peligroso pero sí el más evidente. Su evaluación es muy subjetiva y variable dependiendo de la persona que la padece. No todos somos afectados en igual grado por el ruido; según Burneo [8], los grupos críticos (infantes, niños, ancianos, enfermos y madres embarazadas) sufren más por causa del ruido. Habría un umbral más alto de insensibilidad ante el ruido entre los pobladores de naciones en desarrollo y aún mayor insensibilidad en los grupos marginados, en comparación con habitantes de países desarrollados, explica Jacobs [9], debido al desconocimiento de sus efectos nocivos y a la falta de conciencia social y madurez psicoemocional de ciertos grupos que causan emisión de ruidos que pueden incomodar a otras personas.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) establece que el nivel sonoro propuesto al aire libre no debe sobrepasar los 55dB, el tráfico en la ciudad produce alrededor de 80 dB y; el límite del umbral del dolor está estipulado en 120 dB.

En tanto que en el Ecuador, la normativa de ruido está descrita en el Texto unificado de legislación ambiental (TULSMA) [10], en el mismo se establecen los límites de los niveles de ruido permisibles por categorías de uso y ocupación del suelo, y los niveles permisibles para las personas expuestas a una fuente de ruido está regido por el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS), a través del Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo.

Conocer los niveles sonoros en nuestro entorno es necesario, sin embargo, el monitoreo de ruido no es una actividad habitual en los organismos seccionales del Ecuador, pocas son las ciudades en donde se cuente con un monitoreo de ruido: Quito, Guayaquil, Cuenca, el cual en muchos casos no es continuo, en tanto que las restantes ciudades del Ecuador, carecen de datos relacionados con las emisiones de ruido, lo cual ha impedido establecer las principales fuentes de emisión, así como el grado de afección; pese a que en la norma nacional TULSMA exige la elaboración de mapas de ruido en todas aquellas ciudades que cuenten con una población superior a los 250.000 habitantes.

El Mapa de ruido, es un instrumento que sirve para caracterizar el grado de contaminación sonora en las ciudades y sobre esta base elaborar un plan de intervención. Esta información permite a las entidades locales y gubernamentales tomar decisiones con relación a la planificación del territorio, estableciendo normas, reglamentos con niveles máximos permisibles de acuerdo con los usos del suelo de la ciudad.

Las autoridades municipales de la ciudad de Cuenca, plantean conocer el comportamiento de la contaminación ambiental por ruido en la ciudad, para precautelar la salud de sus habitantes, establecer las medidas necesarias para prevenir o corregir comportamientos que

incrementen las emisiones sonoras en la ciudad. En este marco se suscribe un convenio entre el Gobierno Autónomo Descentralizado municipal de Cuenca con la Universidad del Azuay para evaluar el comportamiento sonoro de la ciudad de Cuenca en los años 2009, 2012, 2014 y 2015, y la elaboración del mapa de ruido al 2015.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la identificación de los puntos de muestreo, se contó con la información de la densidad de tráfico existente en la ciudad; se tomaron en consideración además las características físicas de las vías, seguridad de la zona para mantener los equipos e instrumental necesario para el levantamiento de datos y que engloben el área urbana de la ciudad. Se identificaron 30 puntos de monitoreo, que se describen en la Figura 1.

El horario del muestreo se estableció sobre la base del estudio realizado por la Unidad Municipal de Tránsito y Transporte (UMT) del Gobierno Autónomo Descentralizado municipal de Cuenca [11], en el cual se establecen las frecuencias de entrada y salida de los vehículos de la zona céntrica de la ciudad de Cuenca.

Con esta información, se determinaron los puntos críticos en donde se presenta el mayor flujo tanto de personas como de vehículos, que corresponden a las: 7h00, 13h00 y 18h00. Se estableció adicionalmente los horarios correspondientes a las 10h00 y 15h00 que son los horarios en donde el citado flujo disminuye; con el propósito de contar con información de las horas pico y de las horas valle. Se incluyó el horario correspondiente a las 21h00 como horario nocturno.

El método de medición fue el establecido en la legislación ecuatoriana, en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiental (TULSMA), en el Libro VI, Anexo V, en la cual se establecen los ”Límites permisibles de niveles de ruido ambiente para fuentes fijas, fuentes móviles y para vibraciones". Para las mediciones se siguieron las indicaciones establecidas en la citada norma y se realizaron durante treinta días, considerando un día por cada punto a levantar, sin incluir los fines de semana y feriados.

El período de toma de datos fue de 15 minutos por cada horario y en cada estación, superando lo recomendado en la normativa ambiental que especifica que se deberán realizar los monitoreo por un período de 10 minutos como mínimo (TULSMA) [9].

Para cada punto de medición se registró el nivel de presión sonora equivalente, NPSeq, expresados en decibeles, en ponderación con escala A denominada dB(A) [12], debido a que los seres humanos perciben el ruido dependiendo de la frecuencia del mismo, por lo que escalas ponderadas han sido desarrolladas para reflejar la percepción humana del mismo.

El levantamiento de la información se realizó con el sonómetro Modelo SOUNDPROSP-DL-2-1/3, Serie BIM020008, Marca QUEST TECHNOLOGIES, el mismo está calibrado en la escala de ponderación A.

La información cartográfica de ubicación de los puntos de muestreo, el límite urbano de la ciudad de Cuenca, las parroquias urbanas y los usos de suelo se integran y administran en el sistema de información geográfica ArcGIS. Adicionalmente se generó una geodatabase con información de las emisiones de ruido que se levantaron en los distintos puntos de muestreo.

Para realizar la evaluación en los períodos 2009, 2012, 2014 y 2015, se utilizó como norma de referencia el Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente [9], ya que para realizar comparaciones en el tiempo, es necesario contar con las mismas asignaciones del uso del suelo con las que se trabajó en años anteriores. Los límites permisibles se detallan en la Tabla 1.

Inicialmente se planteó evaluar en cuatro períodos de tiempo, sin embargo en el presente artículo se presenta la evaluación en los períodos 2012, 2014 y 2015 omitiendo las mediciones realizadas en el año 2009, debido a que el horario fue distinto, así como el número de puntos muestreados.

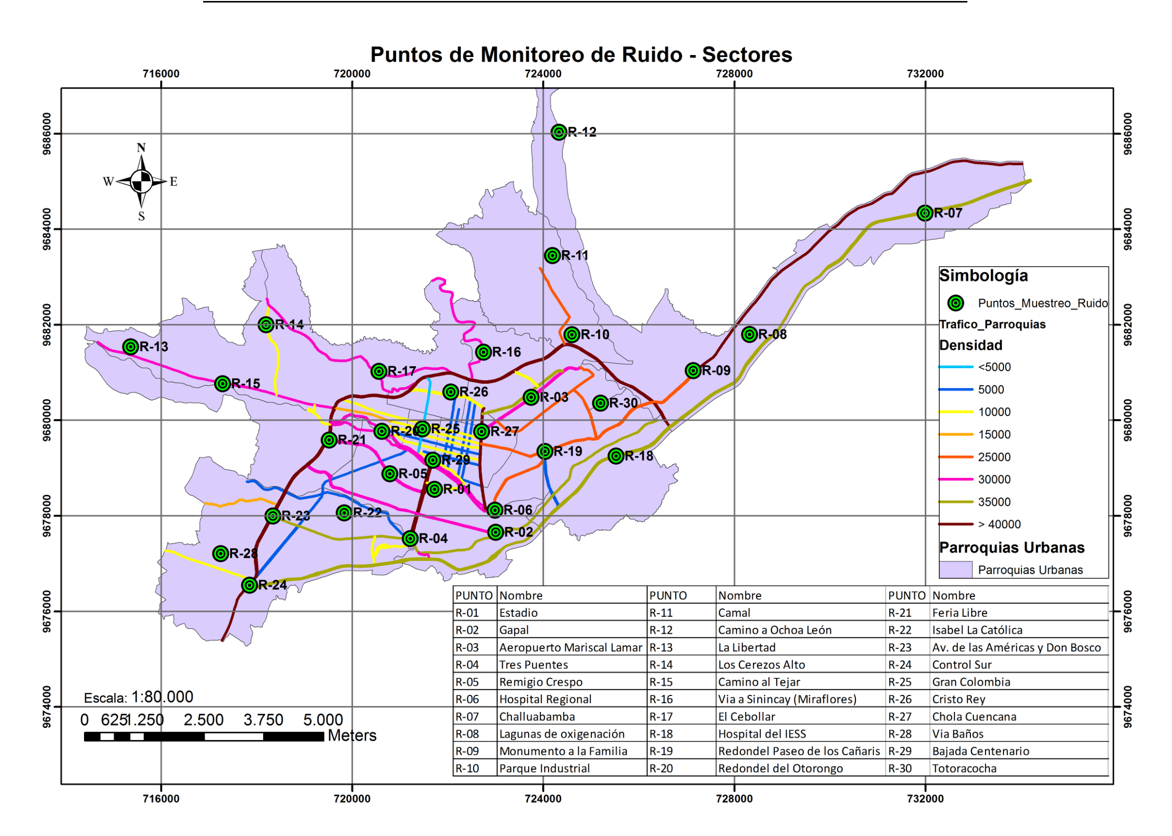
A partir de los 30 sitios de monitoreo se generó la distribución espacial del ruido, empleado la técnica de interpolación determinista y exacta: media ponderada por el inverso de la distancia - IDW; y adicionalmente se trabajó en la modelación del ruido en las vías empleando información de densidad de tráfico a través del programa informático CadnA.

El método IDW se apoya en el concepto de continuidad espacial, con valores más parecidos para posiciones cercanas que se van diferenciando conforme se incrementa la distancia. Desde el punto de vista metodológico, cada valor que tiene una correspondencia con un punto determinado, influye sobre los demás de forma local y disminuye proporcionalmente su efecto con la distancia. Al ser un método exacto y ajustarse en su localización a los datos, generalmente dibuja en el mapa círculos concéntricos, denominados "bulleyes” (ojos de toro), que gradúan los cambios bruscos en los valores [13].

El método CadnA se basa en la utilización del software de modelización, cálculo y gestión del ruido ambiental. El propósito es poder contar con un mapa de ruido sobre la base del análisis de factores como son el tráfico promedio diario, el ancho de la calzada y el tipo de capa de rodadura.

Tabla 1: Límites permisibles según el TULSMA (2014)

	Zona / Uso del suelo	NPS eq (dB(A)) 06h00 - 20h00	NPS eq (dB(A)) 20h00 - 06h00
1	Zona hospitalaria y educativa	45	35
2	Zona residencial	50	40
3	Zona residencial mixta	55	45
4	Zona comercial	60	50
5	Zona comercial mixta	65	55
6	Zona industrial	70	65



PUNTO	Nombre	PUNTO	Nombre	PUNTO	Nombre
R-01	Estadio	R-11	Camal	R-21	Feria Libre
R-02	Gapal	R-12	Camino a Ochoa León	R-22	Isabel La Católica
R-03	Aeropuerto Mariscal Lamar	R-13	La Libertad	R-23	Av. de las Américas y Don Bosco
R-04	Tres Puentes	R-14	Los Cerezos Alto	R-24	Control Sur
R-05	Remigio Crespo	R-15	Camino al Tejar	R-25	Gran Colombia
R-06	Hospital Regional	R-16	Via a Sinincay (Miraflores)	R-26	Cristo Rey
R-07	Challuabamba	R-17	El Cebollar	R-27	Chola Cuencana
R-08	Lagunas de oxigenación	R-18	Hospital del IESS	R-28	Via Baños
R-09	Monumento a la Familia	R-19	Redondel Paseo de los Cañaris	R-29	Bajada Centenario
R-10	Parque Industrial	R-20	Redondel del Otorongo	R-30	Totoracocha

Figura 1: Mapa de los puntos de monitoreo de ruido de la ciudad de Cuenca

El propósito de utilizar estos dos métodos de generación de mapas de ruido, fue el establecer cuál de los dos representa de mejor manera el comportamiento sonoro de la ciudad.

RESULTADOS

La evaluación de las emisiones sonoras en los períodos 2012, 2014 y 2015 se presentan en la Tabla 2.

Del análisis de la Tabla 2, se obtienen los siguientes resultados:

Período 2012 - 2014

En el horario de las 21h00, 16 de las 30 mediciones presentan una disminución de emisión sonora, lo que representa el 53,33 %, en tanto que el restante 46,67 % sufre un incremento. La mayor disminución se presenta en el punto R08_ Lagunas de oxidación con (-17,9 dB), en tanto que el mayor incremento es de 13,8 dB que corresponden al punto R12_ Camino a Ochoa León.

Para el horario de las 18h00, de igual manera se presenta una disminución en el 66,67 % de los puntos muestreados y un incremento del 33,33 %. La mayor disminución se presenta en el punto R08_ Lagunas de oxidación en (-9,9 dB) y el mayor incremento está en el punto R12_ Camino a Ochoa León con (13,5 dB).

Para las 15h00, se observa que en los 19 puntos de los 30 se presentan disminuciones, siendo la más representativa la del punto R08_ Lagunas de oxidación con (-10,3 dB) y el mayor incremento es (7,7 dB) y se presenta en el punto R11_ Camal.

Tabla 2: Comparación de emisiones sonoras (2012 - 2014 - 2015)

Nž	Punto Medido (sector)	Año 2015 (Lavg)						Año 2014,(Lavg)						Año 2012,(Lavg)					
		7h00	10h00	13h00	15h00	18h00	21h00	7h00	10h00	13h00	15h00	18h00	21h00	7h00	10h00	13h00	15h00	18h00	21h00
R_01	Estadio	70.3	75.5	72.8	71.8	72.6	66.9	70.4	69.6	68.1	69.8	68.4	66.6	72.5	73.2	73.2	72.6	72.7	67.2
R_02	Gapal	77.6	72.7	73	72.5	74.2	68.5	72.7	75.6	73.6	72.9	72.9	69.1	72.7	71.5	71.1	71.5	73	67.9
R_03	Aeropuerto Mariscal Lamar	69.3	66.9	68.2	65.1	65.8	62.3	70.8	69.2	73.9	69.2	70.7	68.1	69	71.7	74.1	70.5	74.5	69.6
R_04	Tres Puentes	71.4	70.8	72	72	71.3	68.4	67.9	68	66.8	67.5	67.6	64.3	74.3	74.8	76.5	76.3	68	70.7
R_05	Remigio Crespo	74.4	73.5	73.6	72.8	73.8	72.9	72.8	73.1	73.5	72.2	70.7	72.9	71.9	72.2	72.4	72.3	76	70.6
R_06	Hospital Regional	74.3	73.7	71.2	70.7	72	66.3	69.8	65.3	67.9	64.9	65.2	63.7	66	66.8	66.5	67.4	73.2	64.2
R_07	Challuabamba	76.4	75.8	74.9	73.9	77	72.9	72.6	72.8	71.1	71	72.6	72.4	77.4	72.6	75.3	75.1	72.9	70.6
R_08	Lagunas de oxigenación	72.8	71.3	70.9	69.3	70.3	68	64.3	65.1	65.1	66.5	66.6	57	80.7	77.1	76.5	76.8	76.5	74.9
R_09	Monumento a la Familia	72.8	71.8	72.3	72.9	72.1	69.8	62.3	63.6	63.6	65.5	64.2	61.2	72.5	75.3	71	70.2	72.3	60.3
R_10	Parque Industrial	75.8	73.7	73.5	73.3	74.6	70.8	75.6	70.5	76	73	72.6	71.3	75.4	75.5	73.2	77	72.9	71.7
R_11	Camal	71.3	70.2	70.6	70.4	70.4	66.9	70.3	66.7	67.4	69.8	67.4	63.3	55.3	56.7	69.9	62.1	61.8	62.8
R_12	Camino a Ochoa León	67	76.5	62.2	67.1	63.4	56.2	65.2	62.8	69	62.2	63.3	63.5	36.6	55.6	45.9	57.1	49.8	49.7
R_13	La Libertad	64.6	60.9	59.8	63.7	64.3	56.5	53.8	59.9	61.7	56.7	58.4	55.3	65.4	48.7	52	55.7	52.3	48
R_14	Los Cerezos Alto	69.3	68	71.9	72.2	69.6	69.1	68.6	66.7	70.5	70	67.9	62.4	70.2	62.3	70.8	76.3	72.5	64
R_15	Camino al Tejar	73	75.3	74.8	71.6	72.9	71.7	68	66.4	68	68.4	66.9	65.8	70.5	74.3	70.2	73.1	70.2	64.3
R_16	Vía a Sinincay (Miraflores)	68.8	65.6	67.1	68	72.1	62.8	70.6	68.2	68.7	67.6	68.8	65.2	74.1	68.8	62.9	63.6	65.6	67.4
R_17	El Cebollar	73.9	74.9	73.5	73.5	72.7	70.4	70.5	69.5	71	69	69.8	66.7	69.4	72.2	76.2	72.5	73.6	55.5
R_18	Hospital del IESS	77.7	75.2	79.2	76.5	77	73.4	70.5	70.6	67.2	71.5	68.9	66.8	74	71.9	77.9	72.7	72.2	74.8
R_19	Redondel Paseo de los Cañaris	75.5	73.3	75.7	72.9	76.4	72.1	69.6	67.8	70.6	70.1	69.8	67.1	74.3	73.9	74.6	73.5	76.3	74.7
R_20	Redondel del Otorongo	74.5	73.7	74.6	73.9	74.7	70.6	74.7	73.8	74	74.4	79.4	68.1	78.2	75.2	75.3	73.1	77.3	77.3
R_21	Feria Libre	74.4	75	74.5	75.4	73.5	72.9	62.4	63.2	61.3	62.6	63.5	66.4	74.5	74.6	73.1	72.3	72.9	71.4
R_22	Isabel La Católica	62.8	59.5	61.5	65.7	66.1	56.4	64.2	60	61.4	60.9	60	58.3	63.9	60.2	60.8	60.6	59.7	59.2
R_23	Av. de las Américas y Don Bosco	75	73.9	72.9	73.8	74.2	71.1	74.6	74.8	72.1	72.1	73.5	71.5	74.6	76.9	74.3	78	77.2	74.2
R_24	Control Sur	75.3	75.4	74.9	74.4	83.4	73	72.2	74	71.6	76.6	74.5	70.1	77	74.6	76.9	76.1	78.7	73.9
R_25	Gran Colombia	73.6	74.5	72.4	78.7	72.5	71.4	73.5	72.2	72.1	71	74.5	69.8	74.1	69.8	72.2	68.4	69.3	66.6
R_26	Cristo Rey	73.9	75.1	73.7	72.7	72.1	71.5	70.5	71.2	69.7	68.4	72.6	67.4	67.4	67.3	67.4	61	65.3	56.5
R_27	Chola Cuencana	72.8	72.3	73.8	72.2	76.8	70.4	66.8	67.3	67.6	68.8	68.5	69	73	79.5	74	74.3	71.4	67.6
R_28	Vía Baños	62.7	77.5	54.7	59.9	52.6	56.6	54.5	55	57	62.2	53.3	49.2	63.8	64	57.6	65.9	55.9	48.1
R_29	Bajada Centenario	76	74.8	75	73.9	75.1	70	76.2	73.1	75.5	74.6	74.4	71.2	75.2	74.2	74.4	73.5	74.3	66.1
R_30	Totoracocha	68.8	68.3	70.2	67	68.3	66.1	66.1	65.7	65.6	64.8	70.3	60.9	65.6	65.6	64.1	67.9	66.8	64
				Disminución						Incremento									

Para el horario de las 13h00, el 63,33 % de los resultados de los monitoreos han disminuido con relación al año 2012 con el correspondiente incremento del 36,67 %. El mayor incremento se estableció en el punto R12_ Camino a Ochoa León con (23,1 dB) sobre la medición anterior, en tanto que el punto en donde se dio la mayor disminución fue el R21_ Feria Libre con (-11,8 dB).

A las 10h00 se produce una disminución de emisiones en el 63,33 % de los puntos muestreados. El mayor incremento se da en el punto R13_ La Libertad con una elevación de (11,2 dB) y la mayor disminución es de (-12,2 dB) y se registra en el punto R27_ Chola Cuencana.

El 56,67 % de las mediciones realizadas han tenido una disminución de los resultados de las emisiones en el horario de las 7h00. El punto en el cual se determinó el mayor incremento es el R12_ Camino a Ochoa León con (28,6 dB) adicionales a la medida establecida en el año 2012. En el punto R08_ Lagunas de Oxidación disminuyen las emisiones en (-16,4 dB).

Período 2014 - 2015

Durante este período de manera general se puede ver que se han incrementado las emisiones en los distintos horarios, es así que a las 21h00, existe un incremento de emisiones en el 73,33 % de los sitios monitoreados, en tanto que en el 26,67 % hay una disminución. El mayor incremento se registra en el punto R09_ Monumento a la familia con (8,6 dB) adicionales. En el punto R12_ Camino a Ochoa León se produce la mayor disminución en (-7,3 dB).

A las 18h00 se presenta un incremento en el 80 % de los sitios muestreados. En el punto R21_ Feria Libre se registra el mayor incremento en (10 dB), y la mayor disminución es de (-4,9 dB) en el punto R03_ Aeropuerto. De igual manera que en el horario descrito en el párrafo anterior, a las 15h00 se incrementan las emisiones en 24 de los 30 puntos medidos, lo que representa el (80 %), siendo el punto R21_ Feria Libre el que mayor incremento presenta en (12,8 dB). La mayor disminución se da en el punto R03_ Aeropuerto en (-4,1 dB).

En el horario de las 13h00 el 73,33 % de los sitios monitoreados presenta incremento de emisiones. Se registra en el punto R21_ Feria Libre el mayor incremento en (13,2 dB) y la mayor disminución se registra en el punto R12_ Camino a Ochoa León en (-6,8 dB).

El 80 % de los puntos medidos presentan incremento de emisiones en el horario de las 10h00, corresponde al punto R28_ Vía a Baños el mayor incremento que es de (22,5 dB), en tanto que en el punto R02_ Gapal se da la mayor disminución que es de (-2,9 dB).

En el horario de las 7h00 se incrementan las emisiones en el 80 % de los puntos muestreados. El mayor incremento se establece en el punto R13_ La Libertad en (10,8 dB), y; la mayor disminución se registra en el punto R16_ Vía a Sinincay con (-1,8 dB).

Representación gráfica de la evaluación sonora

A continuación se presenta de manera gráfica la evaluación del comportamiento de las emisiones de ruido, clasificados según el tipo de zona y comparados con los límites máximos admisibles establecidos en el TULSMA [9]. La evaluación se hizo para todas las zonas, sin embargo, para el presente documento se detallarán tres zonas: Hospitalaria - educativa, residencial e industrial.

En las Figuras 2,3 y 4 se representa el comportamiento del ruido ambiente registrado en las zonas: hospitalaria, residencial e industrial; donde en el eje de las X se colocan los sitios de monitoreo para los años 2012, 2014 y 2015 en los 6 horarios, y; en el eje de las Y, corresponde a las emisiones registrados en cada sitio. Con la línea roja horizontal se indican los límites máximos permisibles de emisiones de ruido establecidos por la normativa nacional (TULSMA) [9] para cada una de las zonas descritas, tanto para el día como para la noche.

Todos los puntos de monitoreo de la zona hospitalaria - educativa en los seis horarios, están sobre los límites permisibles para emisión de ruido (TULSMA) [9], tanto para el día como para la noche.

Las emisiones en la zona residencial superan los límites permisibles en el TULSMA, con excepción del punto de monitoreo denominado "Camino a Ochoa León" que durante el año 2012, mantiene valores bajo la normativa, debido a la poca circulación vehicular todavía existente hasta ese año.

La zona industrial de la ciudad de Cuenca, hasta el año 2012 conserva su carácter de zona industrial, pero en los siguientes años, se ha extendido la urbanización, el comercio y la gestión, por lo que se ha incrementado la población y el movimiento vehicular, por lo tanto las emisiones han subido.

Se elaboró un mapa de ruido de la ciudad por cada horario de muestreo. En la hora pico de conflictividad en la movilidad de tránsito (7h00), el mapa resultante se muestra en la Figura 5.

Las zonas marcadas de color rojo presentan emisiones sonoras de hasta 77 dB y disminuyen en otras zonas hasta 62 dB, marcadas de color azul, los valores de las emisiones según la OMS son los que corresponden a circulación vehicular.

Las zonas en donde se establecen mayores emisiones de ruido son en Challuabamba, Hospital del IESS, El parque Industrial.

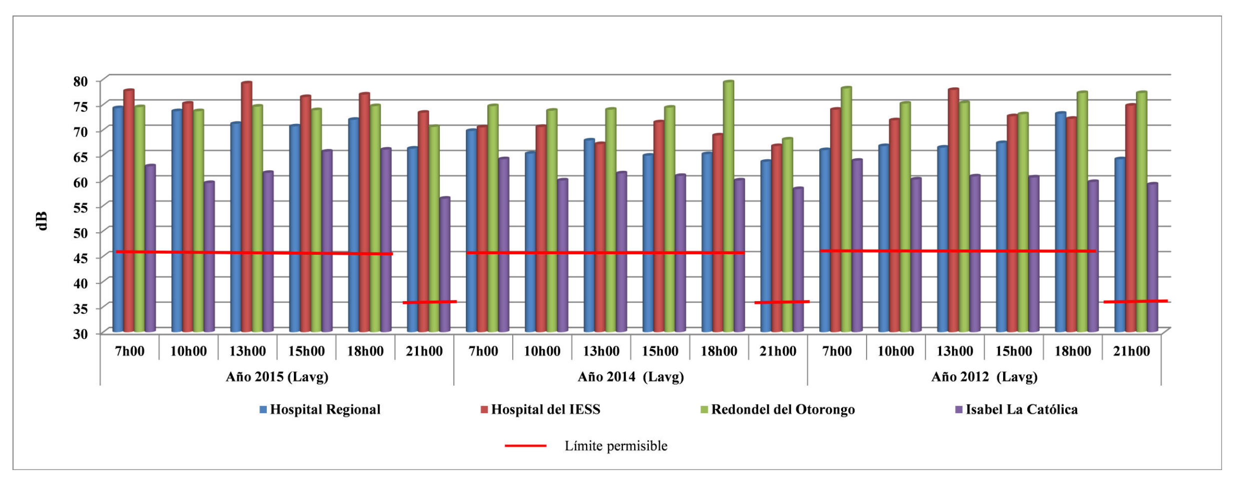


Figura 2: Comparación de las emisiones sonoras en la zona hospitalaria durante los años 2012, 2014 y 2015

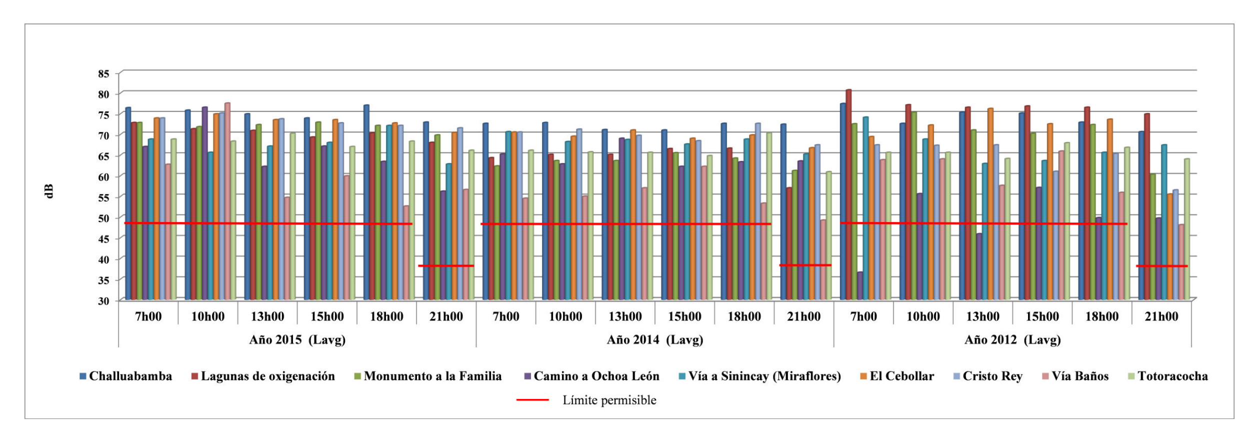


Figura 3: Comparación de las emisiones sonoras en la zona residencial durante los años 2012, 2014 y 2015

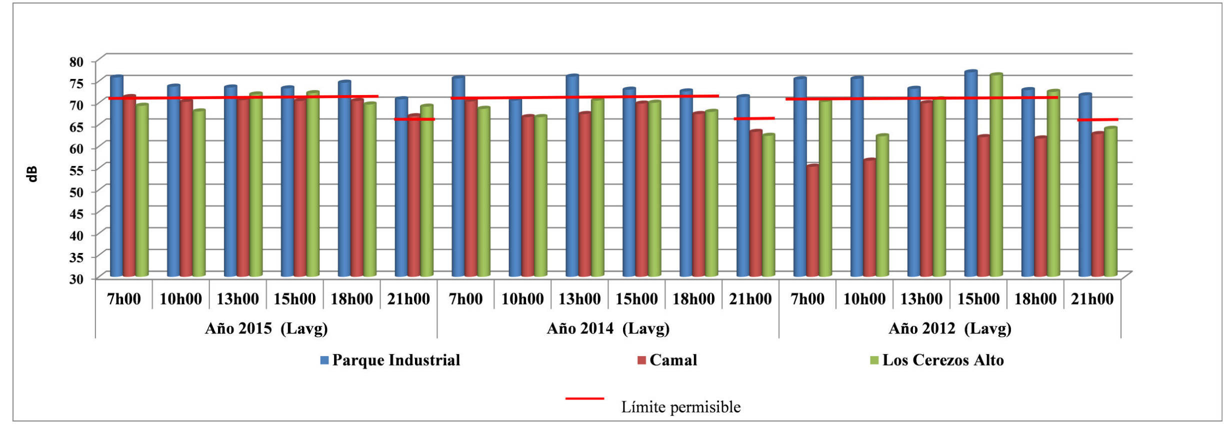


Figura 4: Comparación de las emisiones sonoras en la zona industrial durante los años 2012, 2014 y 2015

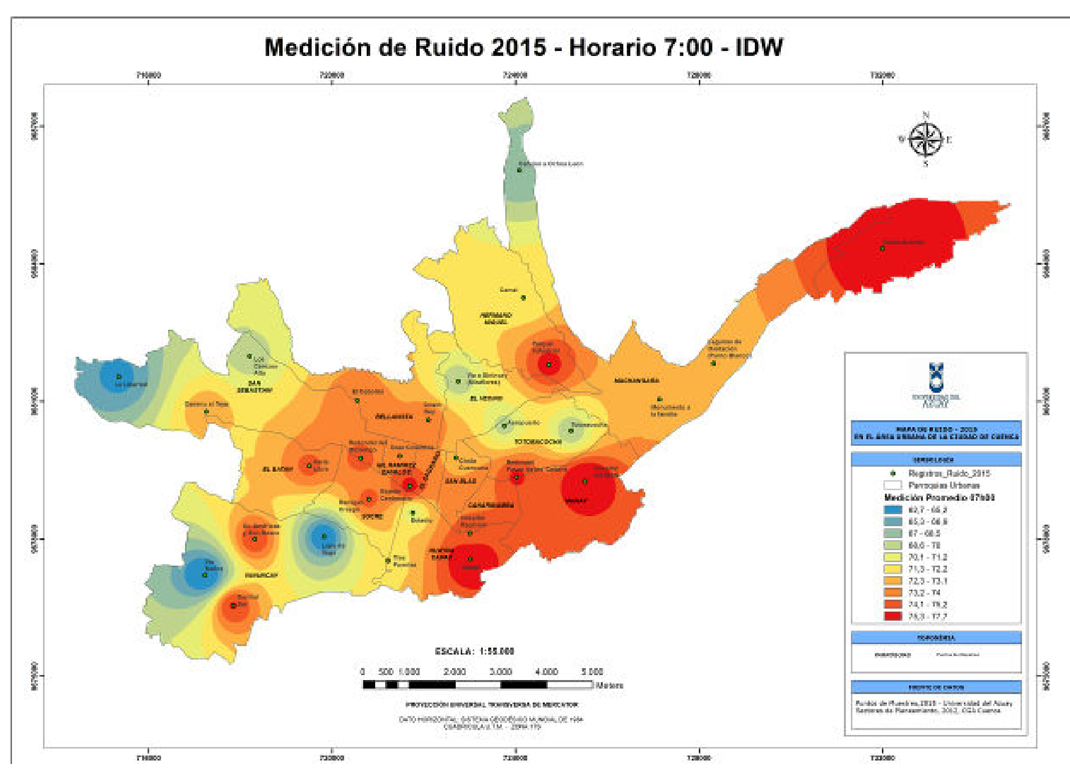


Figura 5: Mapa de ruido de la ciudad de Cuenca a las 7h00 con el método IDW

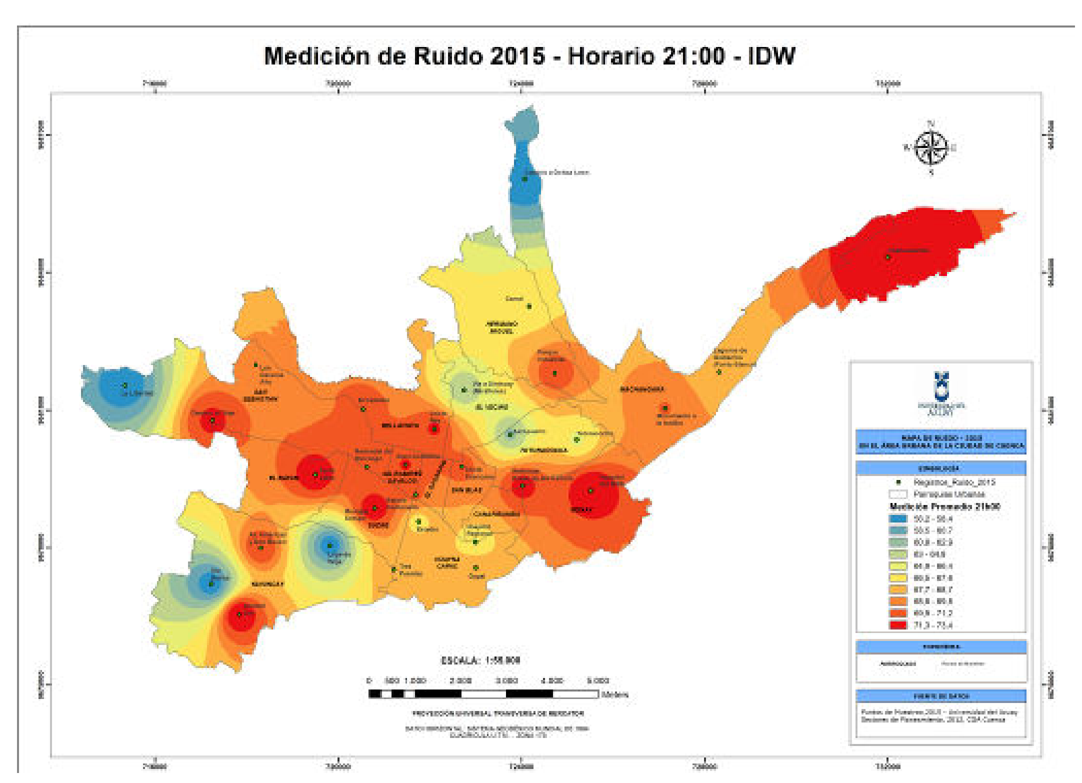


Figura 6: Mapa de ruido de la ciudad de Cuenca a las 21h00 con el método IDW

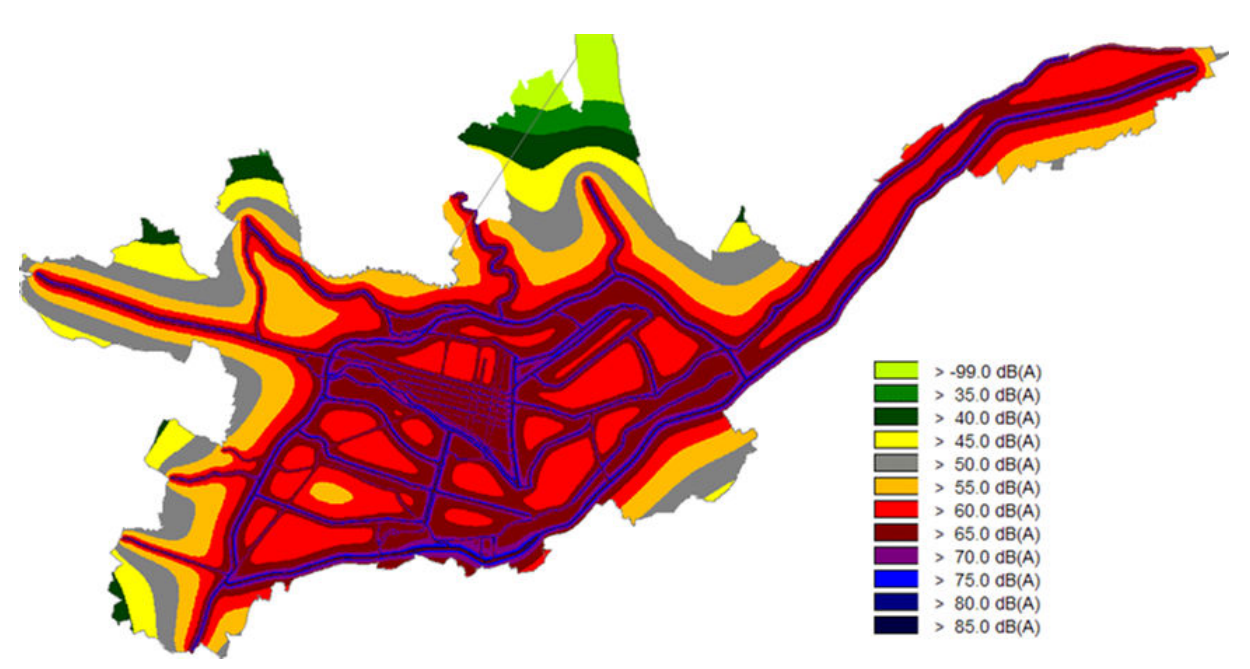


Figura 7: Mapa de ruido de la ciudad de Cuenca - Método CadnA

El rango de variación de las emisiones en el horario de las 21h00 está entre los 50 y 73 dB. Las zonas en donde se manifiestan las más altas emisiones son: Challuabamba, sector del Control sur, sector Cristo Rey, centro Histórico con emisiones de hasta 73 dB. Ver Figura 6.

El mapa generado con el CadnA , representa las emisiones producidas en las vías, las cuales están en el rango de los 75 dB, que corresponde a lo establecido por la OMS. Ver Figura 7.

Como se puede observar en el mapa de la Figura 7, las máximas emisiones de ruido se presentan en las vías de alto tráfico como son la Av. de las Américas, la autopista Cuenca - Azogues, las calles del centro histórico de Cuenca, estas emisiones son hasta de 75 dB. Las emisiones sonoras en la ciudad se concentran en las vías, en tanto que en las áreas en donde se asientan las urbanizaciones, la emisión de ruido disminuye a valores de hasta 60 dB.

DISCUSIÓN

Las emisiones en el año 2015 se incrementan con relación al año 2014 en un 77,78 %, los horarios de incremento son a las 13h00 y 18h00.

Para el horario de las 18h00 y 13h00, los mayores incrementos se dan en el sector de la Feria Libre. Se observa una disminución en el sector del Aeropuerto, debido a que las calles de acceso al mismo están cerradas al ingreso del tráfico vehicular por la construcción del proyecto del Tranvía que atraviesa el lugar.

El 80 % de los puntos medidos presentan incremento de emisiones en el horario de las 10h00, y en el horario de las 7h00 se incrementan las emisiones en el 80 % de los puntos muestreados.

Con relación a los mapas de ruido generados a partir del método de interpolación IDW que toma en cuenta los 30 sitios de muestreo en diferentes horarios, ha permitido identificar los sitios de mayor ruido ambiente en la ciudad; en tanto que el mapa de ruido generado empleando el programa informático CadnA representa las emisiones de ruido en la red vial, evidenciando que las mayores emisiones se presentan en las vías que van disminuyendo a medida que se alejan de la fuente emisora.

AGRADECIMIENTOS

A los equipos técnicos de la Universidad del Azuay y de la Comisión de Gestión ambiental del GAD municipal de Cuenca que colaboraron en la ejecución del presente trabajo.

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

Si bien existe una normativa que regula las emisiones sonoras a nivel del país, sin embargo el control es mínimo, con el presente trabajo se contribuye a la determinación de la importancia de la realización de monitoreos de indicadores ambientales de manera periódica, lo cual sirve para la toma de decisiones de las autoridades y el desarrollo de conciencia ambiental de la ciudadanía. Julia Martínez concibió la investigación, realizó la evaluación de las emisiones sonoras, redactó el artículo,

Omar Delgado elaboró los mapas de ruido e interpretó sus resultados.

REFERENCIAS

[1] INEC. (2010). *Censo de Población y Vivienda 2010*. Quito: Instituto Nacional de Estadística y Censos. Recuperado de: http://www.ecuadorencifras.gob.ec/base-de-datos-censo-de-población-y-vivienda-2010/

[2] BID. (2014). *Cuenca ciudad sostenible*. Quito: Banco Interamericano de Desarrollo & Gobierno Autónomo Municipal de Cuenca.

[3] Gómez Orea, D. (2010). *Evaluación de Impacto Ambiental*. Madrid: Mundi-Prensa.

[4] de Dios Ortuzar, J., & Willumsen, L. G. (1994). *Modelling Transport*. New Jersey: Wiley Press.

[5] Platzer M., U., Iñiguez C., R., Cevo E., J., & Ayala R., F. (2007). Medición de los niveles de ruido ambiental en la ciudad de Santiago de Chile. *Revista de Otorrinolaringología y cirugía de cabeza y cuello* 67(2), 122-128. doi: http://dx.doi.org/10.4067/S0718-48162007000200005.

[6] Burneo, C. A. (2007). *Contaminación ambiental por ruido y estrés en el Ecuador*. Quito: Universidad Central del Ecuador.

[7] Kagan, A. (1980) Stress and noise principles of research. En J. V. Tobias, G. Jansen & W. D. Ward (Eds.), *Noise as a public health problem*. Proceedings of the Third International Congress, Freiburg, 25-29 septiembre 1978, ASHA Reports 10 (pp. 237-240). Rockville: The American Speech-Language-Hearing Association. Recuperado de: http://www.asha.org/uploadedFiles/ASHAReports10.pdf.

[8] Jacobs, G. (1976). The consequences of excessive noise. En B. Grzimek (Ed.), *Grzmick's encyclopedia of ecology*. New York: Van Nostrand Reinhold Co.

[9] Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, Libro VI, Anexo 5 (2003). En Decreto Ejecutivo 3516.

[10] Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, Libro VI, Anexo 5 (2015). En Acuerdo Ministerial 097^{a}.

[11] GADMCC (2007). Estudio de actualización operacional del sistema integrado de transporte de Cuenca. Cuenca: GAD Municipal de Cuenca.

[12] Maisonneuve, N., Stevens, M., Niessen, M. E., & Steels, L. (2009). NoiseTube: Measuring and mapping noise pollution with mobile phones. En I. N. Athanasiadis, A. E. Rizzoli, P. A. Mitkas & J. M. Gómez (Eds.), Information Technologies in Environmental Engineering: Proceedings of the 4th International ICSC Symposium Thessaloniki, Greece, May 28-29, 2009 (pp. 215-228). Environmental Science and Engineering. Berlin: Springer Berlin Heidelberg. doi: http://doi.org/10.1007/978-3-540-88351-7_16.

[13] García González, J. A., & Cebrián Abellán, F. (2006). La interpolación como método de representación cartográfica para la distribución de la población: aplicación a la provincia de Albacete. En M. T. Camacho, J. A. Cañete & J. J. Lara Valle (Eds.), El acceso a la información espacial y las nuevas tecnologías geográficas (pp. 165-178). Granada: Editorial Universidad de Granada. Recuperado de: http://www.age-geografia.es/tig/docs/XII_1/012%20-%20Garcia%20y%20Cebrian.pdf